



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 995 673 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
26.04.2000 Patentblatt 2000/17

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **B64C 1/00**

(21) Anmeldenummer: 99118348.4

(22) Anmeldetag: 16.09.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(30) Priorität: 25.09.1998 DE 19844035

(71) Anmelder:  
**DaimlerChrysler Aerospace Airbus Gesellschaft  
mit beschränkter Haftung (HRB 43527)  
21129 Hamburg (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Brinck, Peter  
21680 Stade (DE)**

• **Müller, Wilfried  
22415 Hamburg (DE)**  
• **Sanmann, Klaus P.  
22459 Hamburg (DE)**  
• **Spitzner, Jörg  
22549 Hamburg (DE)**

(74) Vertreter:  
**Hansmann, Dierk, Dipl.-Ing.  
Patentanwälte  
Hansmann-Klickow-Hansmann  
Jessenstrasse 4  
22767 Hamburg (DE)**

### (54) Schalenbauteil für ein Flugzeug und Verfahren zur Herstellung

(57) Bei einem Schalenbauteil für ein Flugzeug, im wesentlichen bestehend aus mindestens einem Hautblech, mehrere in Flugzeuglängsrichtung verlaufende Stringer und quer zur Flugzeuglängsrichtung verlaufende Spante, wobei das Hautfeld im Bereich der Anschlußstellen zu den Stringern mit einem Schweißzusatzwerkstoff versehen ist und die Stringer auf das Hautblech in diesem Bereich angeschweißt sind, besteht die Erfindung darin, daß das Hautfeld im Bereich der Anschlußstellen zu den Spanten mit einem Schweißzusatzwerkstoff versehen ist, die Spante aus Spantfuß und Spantprofil bestehen, wobei der Spantfuß Ausschnitte für den Stringerdurchgang aufweist und zwischen den Ausschnitten eine Schweißverbindung vom Spantfuß zum Hautblech besteht und das Spantprofil mit dem jeweiligen Spantfuß verbunden ist.

Verfahren zur Herstellung des Schalenbauteils sind ebenfalls beschrieben.

Dabei ist insbesondere von Vorteil, daß ein Schalenbauteil für einen Flugzeugrumpf schweißgerecht ausgebildet ist und mit den angegebenen Maßnahmen und angegebenen Herstellungsverfahren der Aufwand an Fertigungszeit und Material reduziert werden kann.

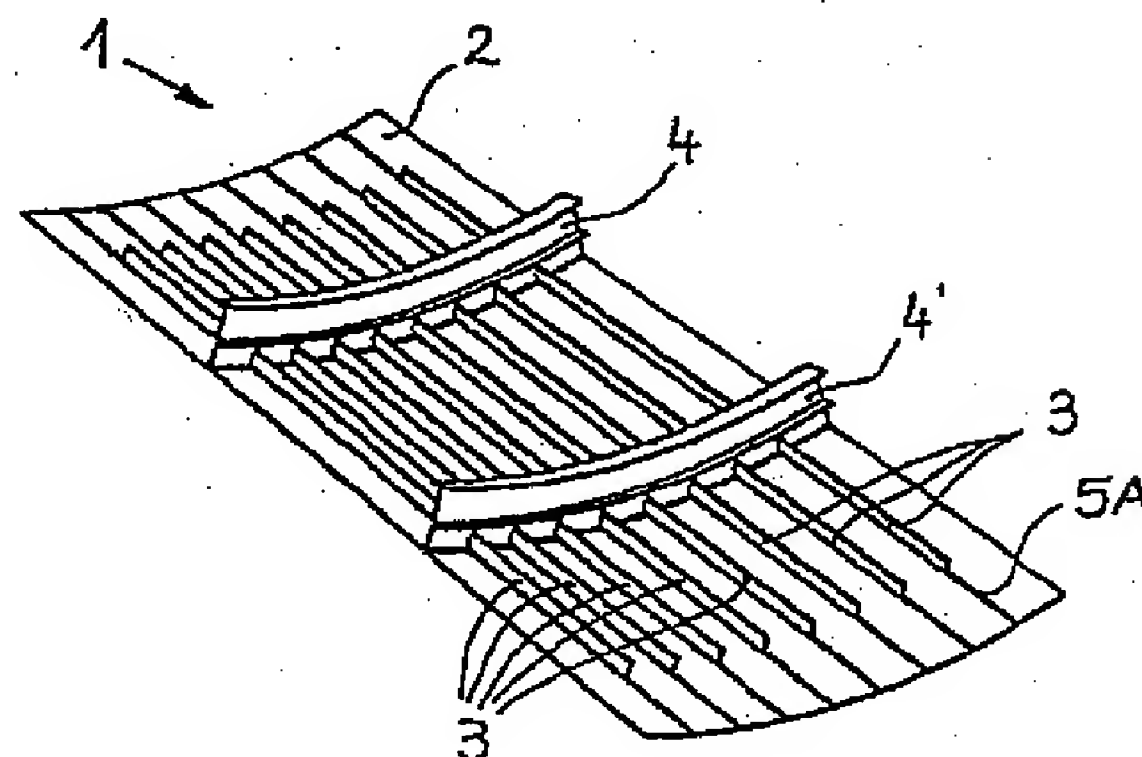


Fig. 1

EP 0 995 673 A2

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schalenbauteil für ein Flugzeug, im wesentlichen bestehend aus mindestens einem Hautblech, mehrere in Flugzeuglängsrichtung verlaufende Stringer und quer zur Flugzeuglängsrichtung verlaufende Spante, wobei das Hautfeld im Bereich der Anschlußstellen zu den Stringern mit einem Schweißzusatzwerkstoff versehen ist und die Stringer auf das Hautblech in diesem Bereich angeschweißt sind.

[0002] Im Flugzeugbau ist es derzeit üblich, Schalenbauteile für die Rumpfstruktur, die im wesentlichen aus Rumpfhaut-Stringer-Verbindungen bestehen, hauptsächlich mit dem Fertigungsverfahren Nieten oder Kleben herzustellen. Für den weiteren Fertigungsschritt - das Montieren der Spante - werden an die Stringer Winklelemente, sogenannte Clips, angenietet. Damit ist für die Herstellung von Strukturbauteilen als Haut-Stringer-Spant-Verbindung ein hoher Material- und Montageaufwand notwendig. Im Zuge der weiteren Flugzeugentwicklung ist es von hoher Bedeutung, eine Gewichtsreduzierung an den Flugzeugen zu erreichen. Daher ist es notwendig, vom traditionellen Fügeverfahren des Nietens zu verbesserten Fügeverfahren zu gelangen, die solche Gewichtseinsparungen realisieren.

[0003] In der DE 196 39 667 ist ein Verfahren zum Schweißen von Profilen auf großformatigen Aluminium-Strukturbauteilen mittels Laserstrahlen beschrieben. Solche Al-Strukturbauteile in Haut-Stringer-Bauweise können für die Herstellung einer Flugzeugrumpfschale verwendet werden.

[0004] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein gattungsgemäßes Schalenbauteil für ein Flugzeug so auszubilden, daß es mit dem Fügeverfahren Schweißen hergestellt werden kann sowie ein Herstellungsverfahren für das Schalenbauteil anzugeben.

[0005] Diese Aufgabe wird mit den im Patentanspruch 1, 11 oder 26 genannten Maßnahmen gelöst. Verfahren zur Herstellung eines Schalenbauteils gemäß der Patentansprüche 1, 11 bzw. 26 sind in den Ansprüchen 6, 21 bzw. 31 angegeben.

[0006] Dabei ist insbesondere von Vorteil, daß ein Schalenbauteil für einen Flugzeugrumpf schweißgerecht ausgebildet ist und mit den angegebenen Maßnahmen der Aufwand an Fertigungszeit und Material reduziert werden kann.

[0007] Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0008] In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Sie werden nachstehend anhand der Figuren 1 bis 13 näher beschrieben. In den Figuren sind gleiche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0009] Es zeigt

- Fig. 1 ein Schalenbauteil für einen Flugzeugrumpf in einer ersten Ausführungsform,
- Fig. 2 eine Rumpfhaut-Stringer-Verbindung der ersten Ausführungsform im Querschnitt,
- Fig. 3 ein Spant für das Schalenbauteil,
- Fig. 4 eine Stringer-Spantfuß-Verbindung in der Seitenansicht,
- Fig. 5 das Schalenbauteil gemäß der ersten Ausführungsform in einer Explosionsdarstellung,
- Fig. 6 ein Schalenbauteil in einer zweiten Ausführungsform,
- Fig. 7 eine Rumpfhaut-Stringersteg-Verbindung der zweiten Ausführungsform des Schalenbauteils im Querschnitt,
- Fig. 8 ein Stringer-Spant-Gitter der zweiten Ausführungsform des Schalenbauteils,
- Fig. 9 eine Rumpfhaut-Stringersteg-Stringergurt-Verbindung der zweiten Ausführungsform des Schalenbauteils im Querschnitt,
- Fig. 10 die Rumpfhaut-Spantgurt-Spantfuß-Verbindung der zweiten Ausführungsform des Schalenbauteils im Querschnitt,
- Fig. 11 das Schalenbauteil gemäß der zweiten Ausführungsform in einer Explosionsdarstellung,
- Fig. 12 ein Schalenbauteil in einer dritten Ausführungsform und
- Fig. 13 die Rumpfhaut-Spantgurt-Spantfuß-Verbindung der dritten Ausführungsform des Schalenbauteils im Querschnitt.

[0010] In Fig. 1 ist ein Schalenbauteil 1 für einen Flugzeugrumpf ersichtlich. Ein Flugzeugrumpf besteht im wesentlichen aus mehreren Sektionen, die sich wiederum aus mehreren vorgefertigten Schalenbauteilen zusammensetzen. Das vorgefertigte Schalenbauteil 1 in einer ersten Ausführungsform besteht im wesentlichen aus einem vorgeformten Hautblech 2, welches zur Verstärkung mit in Flugzeuglängsrichtung verlaufenden Stringern 3 versehen ist. In Flugzeugquerrichtung sind in Abständen Spante 4 und 4' angeordnet. Die Spante 4 und 4' dienen im Flugzeugrumpf unter anderem zur Lastenleitung aus den Leitwerken. In der gezeigten Ausführungsform sind sowohl die Stringer 3 als auch die Spantanschlüsse 4 mit dem Hautblech 2 verschweißt. Das Hautblech 2 ist dafür einseitig plattiert, mit einer Plattierschicht aus Schweißzusatzmaterial. Das Hautblech muß aus einem schweißgeeigneten Strukturwerkstoff bestehen, wie beispielsweise eine Al-Mg-Si-Legierung oder eine Al-Li-Legierung. Um der späteren Kontur der Schale zu entsprechen, wird das Blech tiefgezogen. Die Blechseite mit dem Schweißzusatzmaterial, der späteren Hautinnenseite, muß auf dem Tiefziehklötz auf liegen. Dann findet eine Verformung in Spantrichtung sowie bei sphärischen Bauteilen auch in Stringerrichtung statt. Nur in den Anschlußbereichen der Stringerstege 3 und den Spantanschlüssen

4 und 4' wird das Schweißzusatzmaterial benötigt, sodaß das Restmaterial durch chemisches Abtragen entfernt werden kann. Die so entstandenen Sockel 5 aus Schweißzusatzmaterial (siehe Fig. 2) bilden auf dem Hautblech 2 ein gitterartiges Gebilde 5A. Dieses Depot an Schweißzusatzmaterial ist für eine einwandfreie Schweißnahtausbildung ohne Rissbildung notwendig. Als Schweißzusatzmaterial wird beispielsweise AISi12 verwendet.

Es können aber auch andere bekannte Methoden zum Aufbringen des Schweißzusatzmaterials an die für das Schweißen vorgesehenen Stellen am Hautblech Anwendung finden. Eine Zuführung von Zusatzwerkstoff während des Schweißvorganges mittels einer Drahtvorrichtung ist eine solche. Auch eine Kombination von Schweißzusatzmaterial als Depot mit der Zuführung von Schweißzusatzmaterial als Draht ist eine weitere Möglichkeit.

**[0011]** Die weiteren Arbeitsschritte zur Herstellung der Haut-Stringer-Spant-Verbindung (Rumpfschale 1) werden im folgenden beschrieben.

In Fig. 2 ist im Ausschnitt ein Querschnitt einer Hautblech-Stringer-Verbindung 6 ersichtlich. Auf das Hautblech 2 werden im ersten Arbeitsschritt die längsverlaufenden Stringer 3 aufgeschweißt. Als Stringer 3 kommt vorzugsweise ein Strangpreßhalbzeug mit Hammerkopfprofil 8 zum Einsatz. Der Stringersteg 7 steht senkrecht auf dem Hautblech 2. Die Fügeebene 9 der Bauteile Hautblech 2 und Stringer 3 ist einerseits durch den Sockel 5 mit dem Schweißzusatzmaterial und andererseits durch die dem Hammerkopf 8 abgewandte Stirnfläche des Stringerstegs 7 gebildet. Für das Verschweißen vom Hautblech 2 und Stringersteg 7 ist der Einsatz eines CO<sub>2</sub>-Lasers vorgesehen. Mittels einer hier nicht gezeigten Andrückvorrichtung (gezeigt ist eine Andrückvorrichtung 27 in Fig. 7) wird der Stringer 3 auf dem Hautblech 2 fixiert. Es wird vorzugsweise eine Doppelkehlnaht bzw. eine Doppel-HV-Naht als Fügeverbindung geschweißt.

**[0012]** In Fig. 3 ist ein Spant 4 als Einzelheit dargestellt. Der Spant 4 besteht aus Spantprofil 10 und Spantfuß 11. Um die Zugänglichkeit der Schweißverbindung zu realisieren ist diese Trennung in Spantprofil 10 und Spantfuß 11 notwendig. Das Spantprofil 10 weist einen Außengurt 10A und einen Innengurt 10B auf. Der Innengurt 10B ist hier als T-Profil ausgebildet. Möglich wäre aber auch eine L-förmige Profilform. Am Spantfuß 11 sind Ausschnitte 12 vorgesehen, die für die Stringer 3 des stringerverstärkten Hautbleches 2 als Durchgang dienen.

**[0013]** In Fig. 4 ist der Spantfuß 11 als Fügeverbindung mit dem Stringer 3 ersichtlich. Der Spantfuß 11 wird sowohl mit der stringerverstärkten Rumpfhaut 2 und der dem Hammerkopf 8 abgewandten Seite des Stringerstegs 7 verschweißt. Eine Schweißnaht 13 als Fügeverbindung ist in Fig. 4 dargestellt. Dabei ist zu beachten, daß für den Zuschnitt der Ausschnitte 12 am Spantfuß 11 die Krümmung der Schale zu berücksichti-

gen ist. Die Anschlußflächen zwischen Spantfuß 11 und Stringersteg 7, die mittels der Schweißnaht 13 miteinander verbunden werden, müssen parallel liegen.

Es ist aber auch möglich, die Ausschnitte 12 beispielsweise so trapezförmig zu gestalten, daß zwischen Spantfuß 11 und Stringersteg 7 keine Berührungspunkte auftreten. In einem solchen Fall wäre der Spantfuß 11 nur mit der Rumpfhaut 2 verschweißt, wobei ein zusätzlicher Stringerstützwinkel vorsehbar wäre.

**[0014]** In Fig. 5 ist das Schalenbauteil 1 der ersten Ausführungsform in einer Explosionsdarstellung gezeigt. Anhand dieser Darstellung kann die Montage-reihenfolge zur Herstellung des Schalenbauteils 1 erläutert werden.

Im ersten Schritt wird die Rumpfhaut 2 mit einem Gitter 5A aus Schweißzusatzmaterial versehen. Näheres dazu ist bereits in der Erläuterung zur Fig. 1 beschrieben. Die Stringer 3 werden auf das vorgeformte Rumpfhautblech 2 geschweißt, wobei die längsverlaufenden Sockel 5 mit Schweißzusatzmaterial vom Gitter 5A die Anschlußflächen dieser Fügeverbindung bilden. Nachdem die Schweißverbindung zwischen Rumpfhaut 2 und Stringer 3 hergestellt wurde und damit die Hautblech-Stringer-Verbindung 6 entstanden ist (siehe Fig. 2), werden die Spantfüße 11 sowohl mit der Rumpfhaut 2 als auch mit dem Stringersteg 7 verschweißt, wie bereits näher in der Fig. 4 erläutert wurde. Als nächster Schritt werden die Spantprofile 10 mit den bereits am stringerverstärkten Hautblech 2 angebrachten Spantfüßen 11 verbunden. Diese separat vorgefertigten Spantprofile 11 sind vorzugsweise auch mittels einer einseitig bzw. beidseitig ausgeführten Stumpfnahtschweißverbindung an den Spantfüßen 11 angeordnet. Aus Stabilitätsgründen ist am Spantprofil 10 der in Spantrichtung durchlaufende Außengurt 10A angeordnet. Das Spantprofil 10 kann mit unterschiedlichen Verfahren hergestellt werden. So ist eine Möglichkeit die Fertigung aus streckgezogenem Strangpreßprofil als Halbzeug oder die Fertigung aus geschweißten oder genieteten Teilen in Differentialbauweise.

**[0015]** In Fig. 6 ist ein fertig montiertes Schalenbauteil 20 für einen Flugzeugrumpf in einer zweiten Ausführungsform ersichtlich. Es besteht im wesentlichen aus einem vorgeformten Hautblech 2, auf die längsverlaufenden Stringersteg 21 aufgeschweißt sind. Die Stringersteg 21 müssen in Längsrichtung der Kontur des Hautbleches 2 entsprechen, um einen minimalen Abstand zwischen den Anschlußflächen von Hautblech 2 und Stringersteg 21 einzuhalten. Dafür können die Stringersteg 21 konturgenau zugeschnitten werden ohne eine nachfolgende Weiterbehandlung. Alternativ dazu können die Stringersteg gerade zugeschnitten werden und anschließend in Stringerrichtung streckgezogen werden, um eine der Rumpfhaut 2 entsprechende Kontur zu erhalten. Auf die Stringersteg 21 wird ein Stringer-Spant-Gitter 22 aufgeschweißt. Das Stringer-Spant-Gitter 22 ist gebildet aus Stringergurten 23 und Spantgurten 24 und 24'. Spantelemente 25 und

25' sind in Querrichtung des Schalenbauteils 20 an den Spantgurten 24 angeordnet.

Die einzelnen Arbeitsschritte zur Herstellung des Schalenbauteils 20 werden im folgenden näher beschrieben.

[0016] In Fig. 7 ist eine Rumpfhaut-Stringersteg-Verbindung 26 gezeigt. Auf der Rumpfhaut 2 stehen senkrecht die Stringerstege 21. Für eine solche Verbindung 26 ist - wie schon in den Fign. 1 und 2 beschrieben - ein Sockel 5 aus Schweißzusatzwerkstoff auf der Rumpfhaut 2 an der entsprechenden Anschlußstelle zum Stringersteg 21 vorgesehen. Mittels einer Andrückvorrichtung 27, die eine Andrückrolle 28 und ein Rollenpaar 29 zur Führung des Stringerstegs 21 aufweist, wird die für das Verschweißen notwendige Fixierung des Stringerstegs 21 auf der Rumpfhaut 2 erreicht. Das Verschweißen von Rumpfhaut 2 und Stringersteg 21 erfolgt mittels eines CO<sub>2</sub>-Lasers, der mit einer hohen Fügegeschwindigkeit arbeitet. Als Schweißverbindung ist vorzugsweise eine Doppelkehlnaht bzw. Doppel-HV-Naht vorgesehen.

[0017] In Fig. 8 ist das Stringer-Spant-Gitter 22 als Einzelheit gezeigt. Mehrere längsverlaufende Stringergurte 23 und zwei querverlaufende Spantgurte 24 und 24' bilden das Gitter 22. Das Halbzeug für das Stringer-Spant-Gitter 22 ist - wie für die in Fig. 1 beschriebene Rumpfhaut 2 - ein Blech mit aufplattiertem Schweißzusatz. Das Blech wird bedarfsweise tiefgezogen, wobei die Blechseite mit dem Schweißzusatzmaterial nicht auf dem Tiefziehblock aufliegt. Es kann entsprechend der Geometrie des Schalenbauteils 20 in Spant- und in Stringerrichtung verformt werden. Die Kontur des Bleches für das Stringer-Spant-Gitter 22 muß der Kontur der Rumpfhaut 2 entsprechen, um eine parallel liegende Fügeebene zwischen Stringersteg 21 und Stringergurt 23 zu erreichen. Das Stringer-Spant-Gitter 22 wird aus dem Blech ausgeschnitten. Erfindungsgemäß kann mit diesem Stringer-Spant-Gitter 22 erreicht werden, daß Stringersteg 21 und Stringergurt 23 in einem Vorgang, ohne den Schweißvorgang durch kreuzende Bauteile zu behindern, miteinander verschweißt werden.

[0018] Eine solche Verbindung ist im Querschnitt in der Fig. 9 gezeigt. Mit dem Laser-Schweißgerät 30 wird durch den Stringergurt 23 hindurch in den Stringersteg 21 hineingeschweißt. Schweißzusatzmaterial 31 ist auf der Unterseite des Stringergurtes 23 aufgebracht und steht an der Schweißstelle zur Verfügung. Als Schweißnaht 32 der Stringergurt-Stringersteg-Verbindung ist vorzugsweise eine I-Naht (vergleiche Detail X) vorzusehen.

[0019] In Fig. 10 ist die Verbindung zwischen Rumpfhaut 2, Spantgurt 24 und Spantelement 25 im Querschnitt ersichtlich. Das Spantelement 25 als separates, vorgefertigtes Bauteil besteht im wesentlichen aus einem Fußteil 33 und einem Spantsteg 34. Das Fußteil 33 ist auf den Sockel 5 aus Schweißzusatzmaterial senkrecht aufgesetzt und mittels einer Doppelkehlnaht bzw. Doppel-HV-Naht 35 mit der Rumpfhaut 2

verbunden. Für eine solche Verbindung ist ein Sockel 5 aus Schweißzusatzwerkstoff auf der Rumpfhaut 2 an der entsprechenden Anschlußstelle zum Fußteil 33 vorgesehen. Das Spantelement 25 ist darüber hinaus mit dem Spantgurt 24 verschweißt. Diese Verbindung zwischen Stirnfläche des Spantgurtes 24 und Spantsteg 34 ist vorzugsweise als HV-Schweißnaht 36 ausgebildet. Die Stirnfläche des Spantgurtes 24 ist in dieser Ausführungsform als Anschlag- und Anschlußfläche für das Spantelement 25 vorgesehen.

[0020] In Fig. 11 ist das Schalenbauteil 20 der zweiten Ausführungsform in einer Explosionsdarstellung gezeigt. Anhand dieser Darstellung kann die Montage-reihenfolge zur Herstellung des Schalenbauteils 20 erläutert werden.

Dabei wird für die Vorbereitung der Rumpfhaut 2 und die Verbindung zwischen Rumpfhaut 2 und Stringersteg 21 wie bei der Fertigung der Schale 1 der ersten Ausführungsform vorgegangen. Es wird dazu auf die obigen Ausführungen verwiesen.

Im ersten Schritt wird die Rumpfhaut 2 mit einem Gitter 5A aus Schweißzusatzmaterial versehen. Die Stringerstege 21 werden auf das vorgeformte Rumpfhautblech 2 geschweißt, wobei die längsverlaufenden Sockel 6 mit Schweißzusatzmaterial vom Gitter 5A die Anschlußflächen dieser Fügeverbindung bilden. Nachdem die Schweißverbindung zwischen Rumpfhaut 2 und Stringersteg 21 hergestellt wurde und damit die Hautblech-Stringer-Verbindung 26 entstanden ist (siehe Fig. 7), wird ein Stringer-Spant-Gitter 22 auf die Stringerstege 21 aufgeschweißt, wie bereits näher in der Fig. 9 erläutert wurde. Als nächsten Schritt werden die Spantelemente 25 und 25' an den vorgesehenen Stellen mit ihrem Fußteil 33, 33' am stringerverstärkten Hautblech 2 angeschweißt. Dazu muß das Fußteil 33 bzw. 33' mit Durchbrüchen 37 und 37' versehen sein, die für die Stringerstege 21 ausreichend Platz lassen. Die Stringerdurchbrüche 37 sind vorzugsweise trapezförmig ausgeführt. Die Spantelemente 25 und 25' mit ihren Spantstegen 34 und 34' werden weiterhin mit der entsprechenden Stirnfläche der Spantgurte 24 und 24' verschweißt. Zum Erreichen einer höheren Stabilität kann es notwendig sein, am Spantelement 25 bzw. 25' einen Versteifungsgurt 38 bzw. 38' vorzusehen.

Das separat vorgefertigte Spantelement 25 kann mit unterschiedlichen Verfahren hergestellt werden. So ist eine Möglichkeit die Fertigung aus einem streckgezogenen Sprangpreßprofil oder einem Frästeil als Halbzeug oder die Fertigung aus geschweißten oder genieteten Teilen in Differentialbauweise.

[0021] In der Fig. 12 ist ein Schalenbauteil 40 in einer dritten Ausführungsform gezeigt. Das Schalenbauteil 40 stellt eine Variante zur zweiten Ausführungsform dar, welche ebenfalls das Stringer-Spant-Gitter 22 mit dem Vorteil einer durchgehenden Schweißnaht nutzt. Damit können je Stringergurt 23 bzw. Spantgurt 24, 24' die Schweißnähte in einem Vorgang gefertigt werden, was die Fertigungszeit senkt.

Das gezeigte Schalenbauteil 40 ist in der Fig. 12 ohne eine sphärische Krümmung dargestellt. Möglich ist aber auch eine Krümmung in Stringerrichtung und/oder in Spantrichtung. Dies hängt davon ab, an welcher Stelle im Flugzeugrumpf das Schalenbauteil 40 eingesetzt werden soll. Es wird deshalb auf die Fign. 7 bis 9 und deren Beschreibung verwiesen, da die in diesen Figuren gezeigten Merkmale auch auf das Schalenbauteil 40 zutreffen. Neben den Stringerstegen 21 sind beim Schalenbauteil 40 Spantstege 41 und 41' vorgesehen, die ebenfalls auf die Rumpfhaut 2 aufgeschweißt werden müssen, bevor das Stringer-Spant-Gitter 22 angefügt werden kann. Stringerstege 21 und Spantstege 41, 41' bilden ein Steggitter 45. Da die Schweißebene bei den Stringerstegen 21 und den Spantstegen 41 und 41' zum Stringer-Spant-Gitter 22 gleich ist, kann das Durchschweißen durch Stringergurte 23 und Spantgurte 24 mit den gleichen Schweißvorrichtungen erfolgen (siehe auch Fig. 9).

Im Unterschied zur zweiten Ausführungsform des Schalenbauteils 20 ist beim Schalenbauteil 40 aber kein einteiliges Spantelement 25 bzw. 25' vorgesehen, welches am Spantgurt 24 seitlich angeschweißt wird. Vielmehr ist eine Trennung in Spantsteg 41, 41' und Spantkopf 42, 42' vorgenommen worden, die jeweils symmetrisch am Spantgurt 24 angeordnet sind. In der Fig. 12A ist ein vergrößerter Ausschnitt des Schalenbauteils 40 gezeigt. Dieser Ausschnitt läßt den Stringersteg 21, den Spantsteg 41 sowie den Stringergurt 23 und den Spantgurt 24 erkennen. Auf den Spantgurt 24 ist der Spantkopf 42 symmetrisch angeordnet.

[0022] In Fig. 13 ist im Querschnitt ein Ausschnitt vom Schalenbauteil 40 gezeigt. Ersichtlich ist mit Blick in Richtung Spantsteg 41 die Schweißverbindung 43 zwischen Rumpfhaut 2 mit Schweißzusatzsockel 5 und Spantsteg 41, vorzugsweise eine Doppelkehlnaht-Schweißverbindung bzw. Doppel-HV-Naht. Der Spantgurt 41 ist mit einer I-Naht auf dem Spantsteg 24 verschweißt. Der Spantkopf 42, der symmetrisch auf dem Spantgurt 24 angeordnet ist, ist mittels einer Doppelkehlnaht bzw. Doppel-HV-Naht 44 auf dem Spantgurt 24 verschweißt (vergleiche Detail Z).

#### Patentansprüche

1. Schalenbauteil (1) für ein Flugzeug, im wesentlichen bestehend aus mindestens einem Hautblech (2), mehrere in Flugzeuglängsrichtung verlaufende Stringer (3) und quer zur Flugzeuglängsrichtung verlaufende Spante (4, 4'), wobei das Hautfeld (2) im Bereich der Anschlußstellen zu den Stringern mit einem Schweißzusatzwerkstoff (5) versehen ist und die Stringer (3) auf das Hautblech (2) in diesem Bereich (5) angeschweißt sind,  
dadurch gekennzeichnet, daß das Hautfeld (2) im Bereich der Anschlußstellen zu den Spanten (4, 4') mit einem Schweißzusatzwerkstoff (5) versehen ist, die Spante (4, 4') aus Spantfuß (11) und Spantprofil (10) bestehen, wobei der Spantfuß (11) Ausschnitte (12) für den Stringerdurchgang aufweist und zwischen den Ausschnitten (12) eine Schweißverbindung vom Spantfuß (11) zum Hautblech (2) besteht und das Spantprofil (10) mit dem jeweiligen Spantfuß (11) verbunden ist.
2. Schalenbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schweißzusatzwerkstoff in Form eines Schweißzusatzsockels (5) auf dem Hautblech (2) angeordnet ist.
3. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Spantausschnitt (12) geometrisch so gestaltet ist, daß der durch den Ausschnitt (12) hindurchgeführte Stringer (7) eine Anschlußfläche zu einer Seitenwand des Ausschnittes (12) aufweist und eine Schweißverbindung (13) zwischen Stringersteg (7) und Spantfuß (11) vorgesehen ist.
4. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Spantausschnitt (12) geometrisch so gestaltet ist, daß der durch den Ausschnitt (12) hindurchgeführte Stringer (7) berührungslos zum Spantfuß (11) ist.
5. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Stringer (3) aus einem Strangpreßhalbzeug mit Hammerkopprofil hergestellt sind.
6. Verfahren zur Herstellung eines Schalenbauteils nach einem der Ansprüche 1 bis 5, mit folgenden Schritten:
  - das Hautblech (2) wird an den Anschlußstellen von den Stringern (3) und den Spanten (4, 4') mit Schweißzusatzwerkstoff versehen,
  - die Stringerstege (3) werden an das Hautblech (2) geschweißt,
  - der Spantfuß (11) wird mit dem stringerverstärkten Hautblech (2) verschweißt,
  - das Spantprofil (10) wird an den Spantfuß (11) geschweißt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Schweißzusatzwerkstoff auf das Hautblech (2) plattiert wird und bis auf ein Gitter (5A) mit Schweißzusatzwerkstoff der Schweißzusatzwerkstoff chemisch abgetragen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7

- dadurch gekennzeichnet, daß**  
mindestens ein Teil des Schweißzusatzwerkstoffes  
als Draht mittels einer Drahtzuführvorrichtung dem  
Hautblech (2) im Bereich der Schweißstellen zuge-  
führt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
das Hautblech (2) zum Erreichen der sphärisch  
gekrümmten Fläche in Spant- und/oder Stringer-  
richtung tiefgezogen wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
an der jeweiligen Anschlußfläche vom Ausschnitt  
(12) des Spantfußes (11) und Stringersteg (7) eine  
Schweißverbindung (13) gefügt wird.
11. Schalenbauteil (20) für ein Flugzeug, im wesentli-  
chen bestehend aus mindestens einem Hautblech  
(2), mehrere in Flugzeuglängsrichtung verlaufende  
Stringer (3) und quer zur Flugzeuglängsrichtung  
verlaufende Spante, wobei das Hautfeld (2) im  
Bereich der Anschlußstellen zu den Stringern mit  
einem Schweißzusatzwerkstoff (5) versehen ist  
und die Stringer (3) auf das Hautblech (2) in diesem  
Bereich (5) angeschweißt sind,  
**dadurch gekennzeichnet, daß** das Hautfeld (2) im  
Bereich der Anschlußstellen zu den Spanten mit  
einem Schweißzusatzwerkstoff versehen ist, die  
Stringer (3) als Stringerstege (21) ausgebildet sind,  
ein Stringer-Spant-Gitter (22) bestehend aus String-  
ergurte (23) und Spantgurte (24) vorgesehen ist,  
wobei die Stringergurte (23) an den Stringerstegen  
(21) mittels einer Schweißverbindung (32) ange-  
bracht sind und die Spante jeweils aus einem ein-  
teiligen Spantelement (25, 25') gebildet sind, wobei  
das Spantelement (25, 25') im wesentlichen aus  
einem Spantsteg (34) und einem mit Durchbrüchen  
(37) versehenem Fußteil (33) besteht und mit dem  
Fußteil (33) am Hautblech (2) und mit dem Spant-  
steg (34) an der Stirnseite des Spantgurtes (24)  
angeordnet ist.
12. Schalenbauteil nach Anspruch 11,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
der Schweißzusatzwerkstoff in Form eines  
Schweißzusatzsockels (5) auf dem Hautblech (2)  
angeordnet ist.
13. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 11 oder  
12,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
die Durchbrüche (37, 37') im Fußteil (33) geome-  
trisch so gestaltet sind, daß der durch einen Durch-  
bruch (37) hindurchgeführte Stringersteg (21)  
berührungslos zum Fußteil (33) ist.
14. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 11 bis  
13,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
das Hautblech (2) in Spant- und/oder Stringerrich-  
tung sphärisch gekrümmt ist.
15. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 11 bis  
14,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
das Stringer-Spant-Gitter (22) im Anschlußbereich  
an die Stringerstege (21) und an die Spantsteg  
(34) mit Schweißzusatzwerkstoff versehen ist.
16. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 11 bis  
15,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
das Stringer-Spant-Gitter (22) entsprechend der  
Krümmung des Hautbleches (2) in Spant- und/oder  
Stringerrichtung sphärisch gekrümmt ist.
17. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 11 bis  
16,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
die Schweißverbindung (32) zwischen Stringersteg  
(21) und Stringergurt (23) des Stringer-Spant-Git-  
ters (22) eine I-Naht ist.
18. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 11 bis  
17,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
das Spantelement (25) mit seinem Fußteil (33) an  
der Rumpfhaut (2) mittels einer Doppelkehlnaht  
bzw. DHV-Naht (35) verschweißt ist.
19. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 11 bis  
18,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
das Spantelement (25) mit seinem Spantsteg (34)  
an der Stirnseite des Spantgurtes (24) mittels einer  
HV-Naht (36) verschweißt ist.
20. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 11 bis  
19,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
das Spantelement (25) am Spantsteg (34) mit  
einem Versteifungsgurt (38) versehen ist.
21. Verfahren zur Herstellung eines Schalenbauteils  
nach einem der Ansprüche 11 bis 20,  
**mit folgenden Schritten:**
- das Hautblech (2) wird an den Anschlußstellen  
von den Stringerstegen (21) und den Spantele-  
menten (25, 25') mit Schweißzusatzwerkstoff  
versehen,
  - die Stringerstege (21) werden an das Haut-  
blech (2) geschweißt,
  - der Stringergurt (23) des Stringer-Spant-Git-

- ters (22) wird am Stringersteg (21) mittels einer I-Naht (32) geschweißt.
- das Spantelement (25) wird mit seinem Fußteil (33) am Hautblech (2) mittels einer Schweißnaht (35), vorzugsweise eine Doppelkehlnaht, gefügt und
  - das Spantelement (25) wird mit seinem Spantsteg (34) an der Stirnseite des Spantgurt (24) mittels einer Schweißnaht (36), vorzugsweise eine HV-Naht, gefügt.
22. Verfahren nach Anspruch 21  
dadurch gekennzeichnet, daß der Schweißzusatzwerkstoff auf das Hautblech (2) plattiert wird und bis auf ein Gitter (5A) mit Schweißzusatzwerkstoff der Schweißzusatzwerkstoff chemisch abgetragen wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 oder 22  
dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil des Schweißzusatzwerkstoffes als Draht mittels einer Drahtzuführvorrichtung dem Hautblech (2) im Bereich der Schweißstellen zugeführt wird.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 23  
dadurch gekennzeichnet, daß das Hautblech (2) zum Erreichen der sphärisch gekrümmten Fläche in Spant- und/oder Stringerrichtung tiefgezogen wird.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 24  
dadurch gekennzeichnet, daß das Stringer-Spant-Gitter (22) zum Erreichen der sphärisch gekrümmten Fläche in Spant- und/oder Stringerrichtung tiefgezogen wird.
26. Schalenbauteil (40) für ein Flugzeug, im wesentlichen bestehend aus mindestens einem Hautblech (2), mehrere in Flugzeuglängsrichtung verlaufende Stringer und quer zur Flugzeuglängsrichtung verlaufende Spante, wobei das Hautfeld (2) im Bereich der Anschlußstellen zu den Stringern mit einem Schweißzusatzwerkstoff versehen ist und die Stringer auf das Hautblech (2) in diesem Bereich angeschweißt sind,  
dadurch gekennzeichnet, daß das Hautfeld (2) im Bereich der Anschlußstellen zu den Spanten mit einem Schweißzusatzwerkstoff versehen ist, die Stringer als Stringerstege (21) ausgebildet sind und die Spante einen Spantsteg (41) und einen Spantkopf (42) aufweisen, die Stringerstege (21) und Spantstege (41) im Bereich des mit Schweißzusatzwerkstoff versehenen Gitters (5A) am Hautblech (2) aufgeschweißt sind, ein Stringer-Spant-Gitter (22) bestehend aus Stringergurte (23) und Spantgurte (24) vorgesehen ist, wobei die Stringergurte (23) an den Stringerstegen (21) und die Spantgurte (24) an den Spantstegen (41) mittels einer Schweißverbindung (32) angebracht sind und der jeweilige Spantkopf (42) auf dem jeweiligen Spantgurt (24) mittels einer Schweißverbindung (44) angeordnet ist.
27. Schalenbauteil nach Anspruch 26,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Schweißzusatzwerkstoff in Form eines Schweißzusatzsockels (5) auf dem Hautblech (2) angeordnet ist.
28. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 26 oder 27,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Schweißverbindung (32) zwischen Stringergurt (23) und Stringersteg (21) sowie zwischen Spantgurt (24) und Spantsteg (41) eine I-Naht ist.
29. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 26 bis 28,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Spantkopf (42) symmetrisch auf dem Spantgurt (24) angeordnet ist.
30. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 26 bis 29,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Spantkopf (42) mit dem Spantgurt (24) mittels einer Doppelkehlnaht oder DHV-Naht (44) verbunden ist.
31. Verfahren zur Herstellung eines Schalenbauteils nach einem der Ansprüche 26 bis 30,  
mit folgenden Schritten:
- das Hautblech (2) wird an den Anschlußstellen von den Stringerstegen (21) und den Spantelementen (25, 25') mit Schweißzusatzwerkstoff versehen,
  - die Stringerstege (21) und die Spantstege (34) werden im Bereich des Schweißzusatzwerkstoffes an das Hautblech (2) geschweißt, wobei Stringerstege (21) und Spantstege (34) ein Steggitter (45) bilden,
  - der Stringergurt (23) und der Spantgurt (24) des Stringer-Spant-Gitters (22) werden am Stringersteg (21) bzw. Spantsteg (41) mittels einer I-Naht (32) geschweißt,
  - der Spantkopf (42) wird am jeweiligen Spantgurt (24) mit einer Schweißverbindung (44), vorzugsweise eine Doppelkehlnaht, angeschweißt.
32. Verfahren nach Anspruch 31  
dadurch gekennzeichnet, daß der Schweißzusatzwerkstoff auf das Hautblech (2) plattiert wird und bis auf ein Gitter (5A) mit

Schweißzusatzwerkstoff der Schweißzusatzwerkstoff chemisch abgetragen wird.

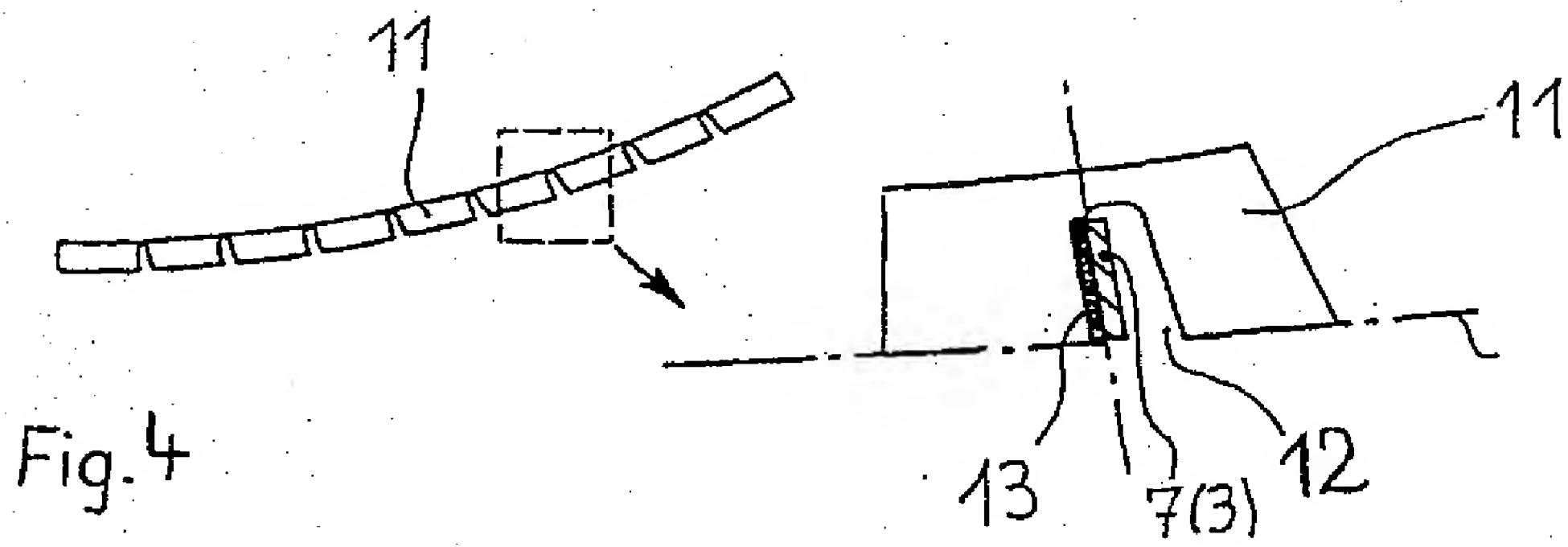
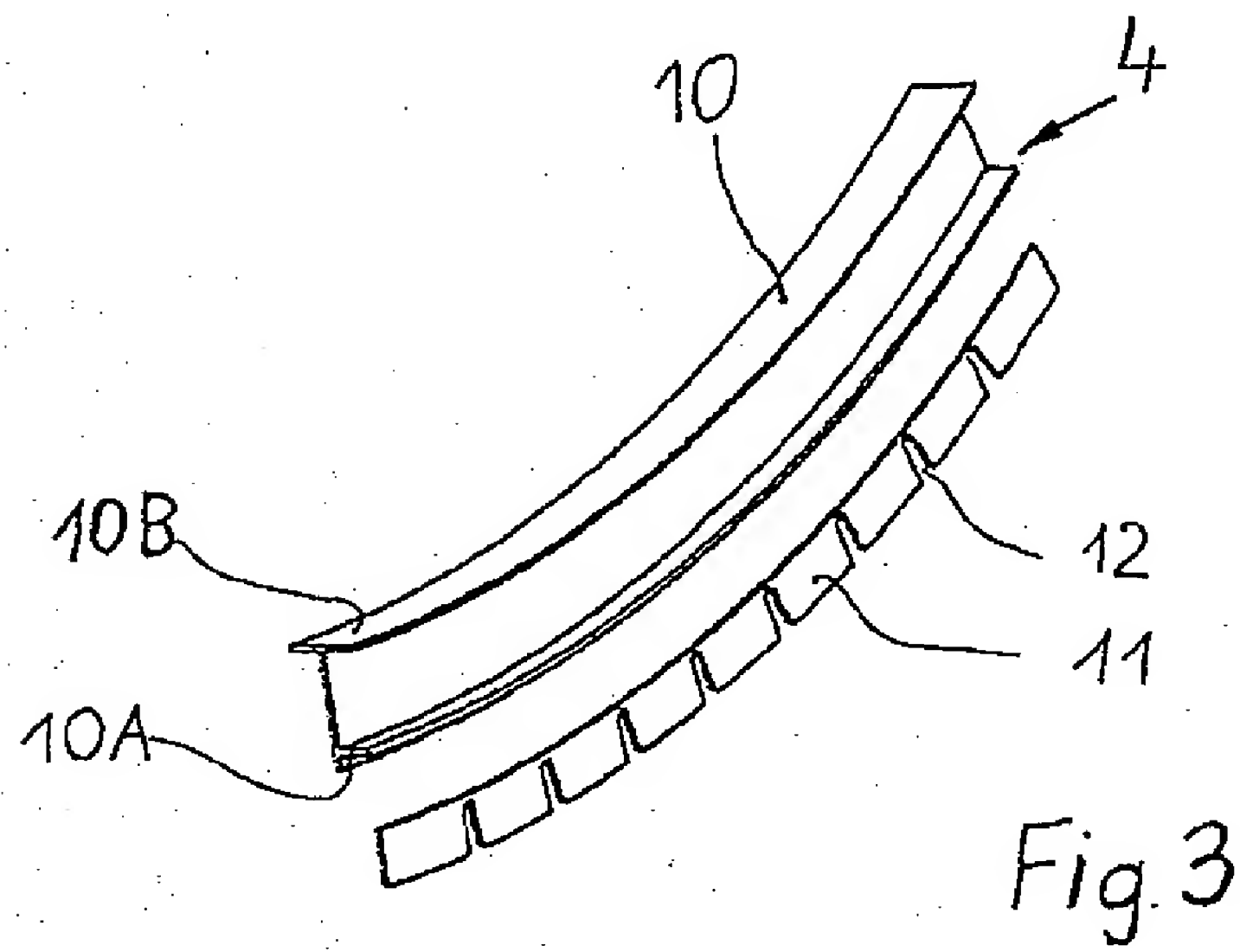
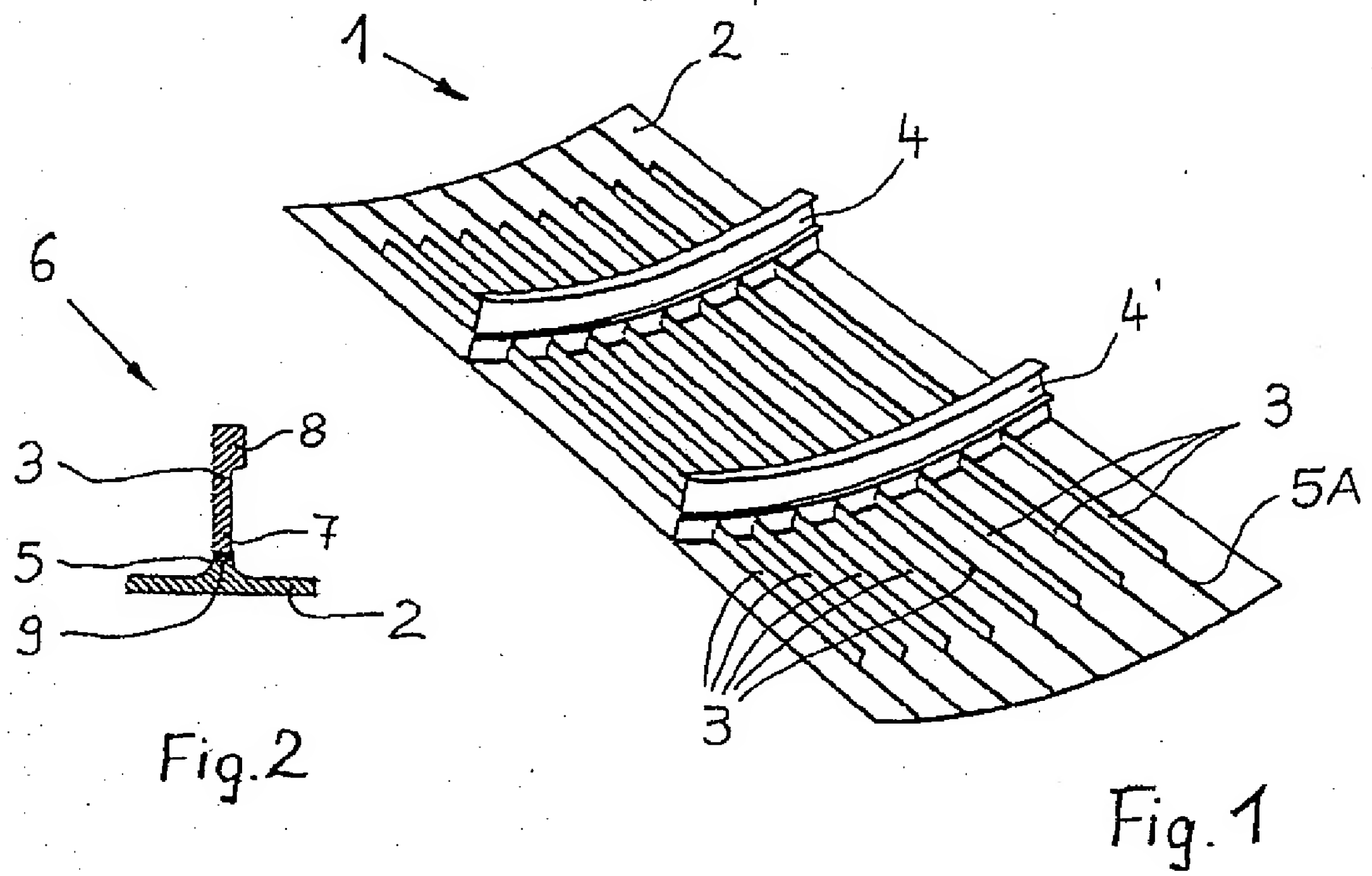
33. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 oder 32  
dadurch gekennzeichnet, daß 5  
mindestens ein Teil des Schweißzusatzwerkstoffes  
als Draht mittels einer Drahtzuführvorrichtung dem  
Hautblech (2) im Bereich der Schweißstellen zuge-  
führt wird. 10
34. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 33  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Hautblech (2) zum Erreichen der sphärisch  
gekrümmten Fläche in Spant- und/oder Stringer-  
richtung tiefgezogen wird. 15
35. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 34  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Stringer-Spant-Gitter (22) zum Erreichen der  
sphärisch gekrümmten Fläche in Spant- und/oder 20  
Stringerrichtung tiefgezogen wird.
36. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 35  
dadurch gekennzeichnet, daß  
als Schweißverfahren das CO<sub>2</sub>-Laserschweißen 25  
verwendet wird.
37. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 35  
dadurch gekennzeichnet, daß  
als Schweißverfahren Festkörper-Laserschweißen 30  
verwendet wird.
38. Schalenbauteil nach einem der vorangegangenen  
Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß 35  
das Hautblech (2) aus einem schweißgeeigneten  
Strukturwerkstoff besteht.

40

45

50

55



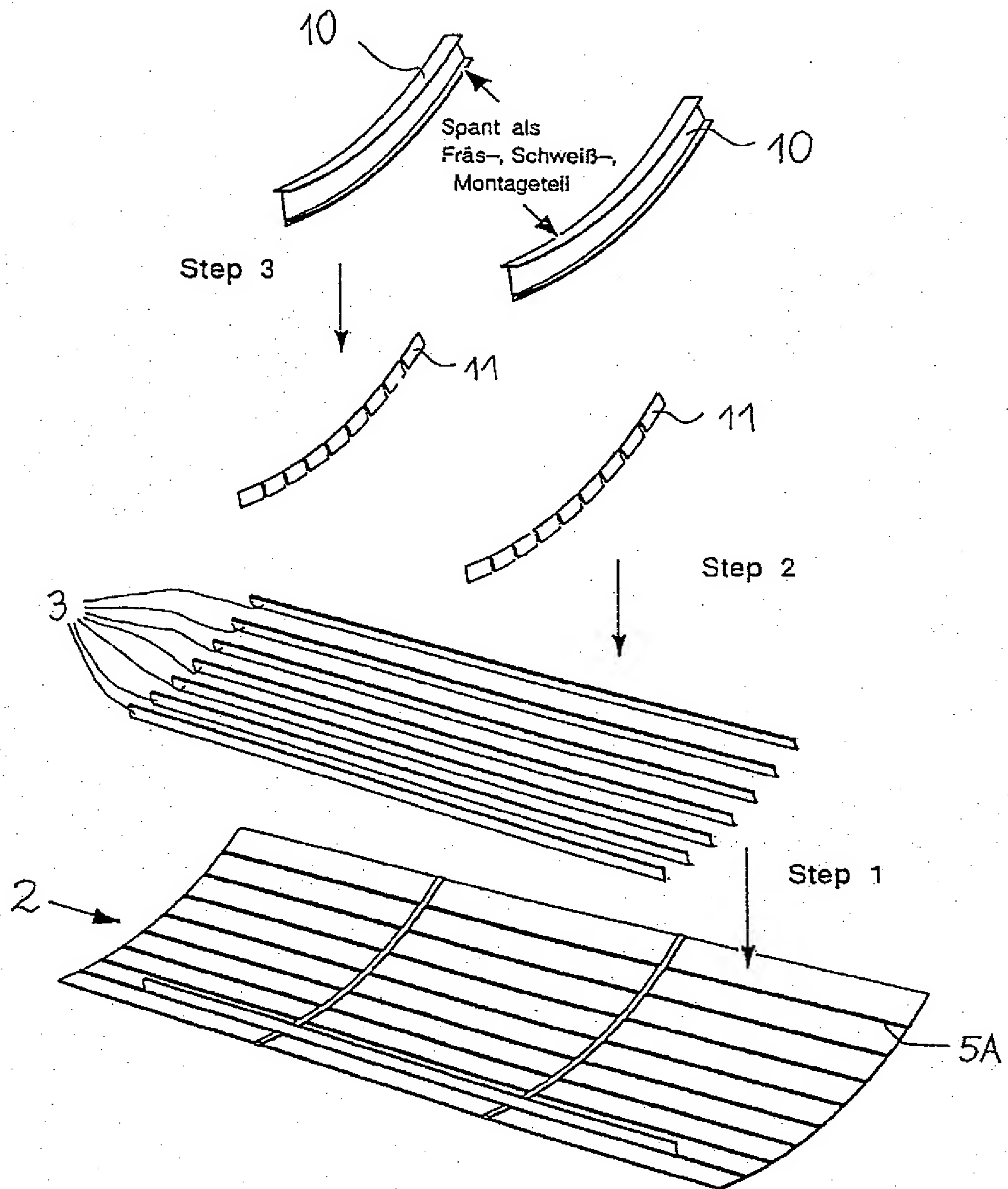
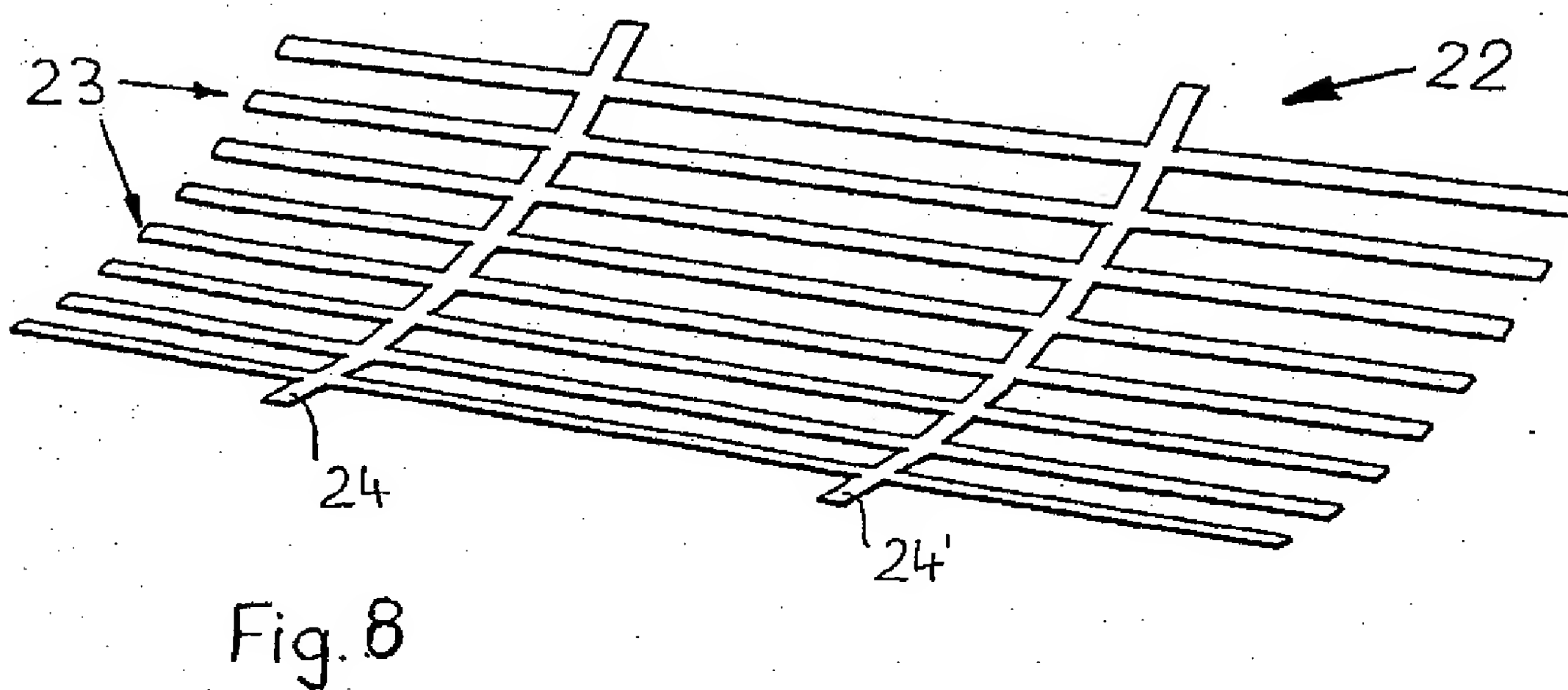
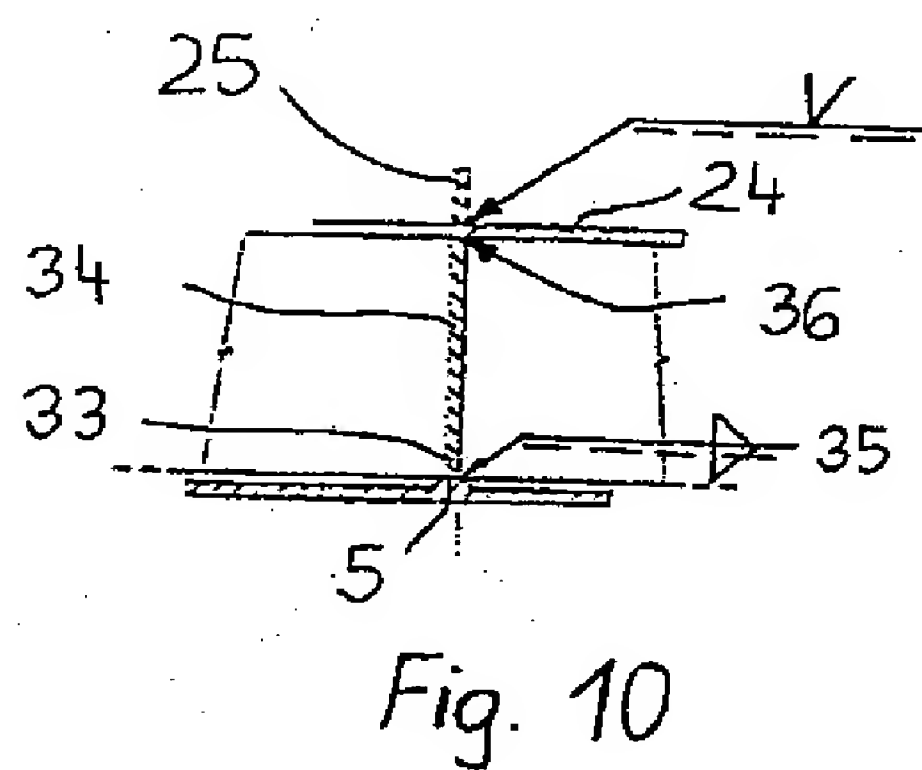
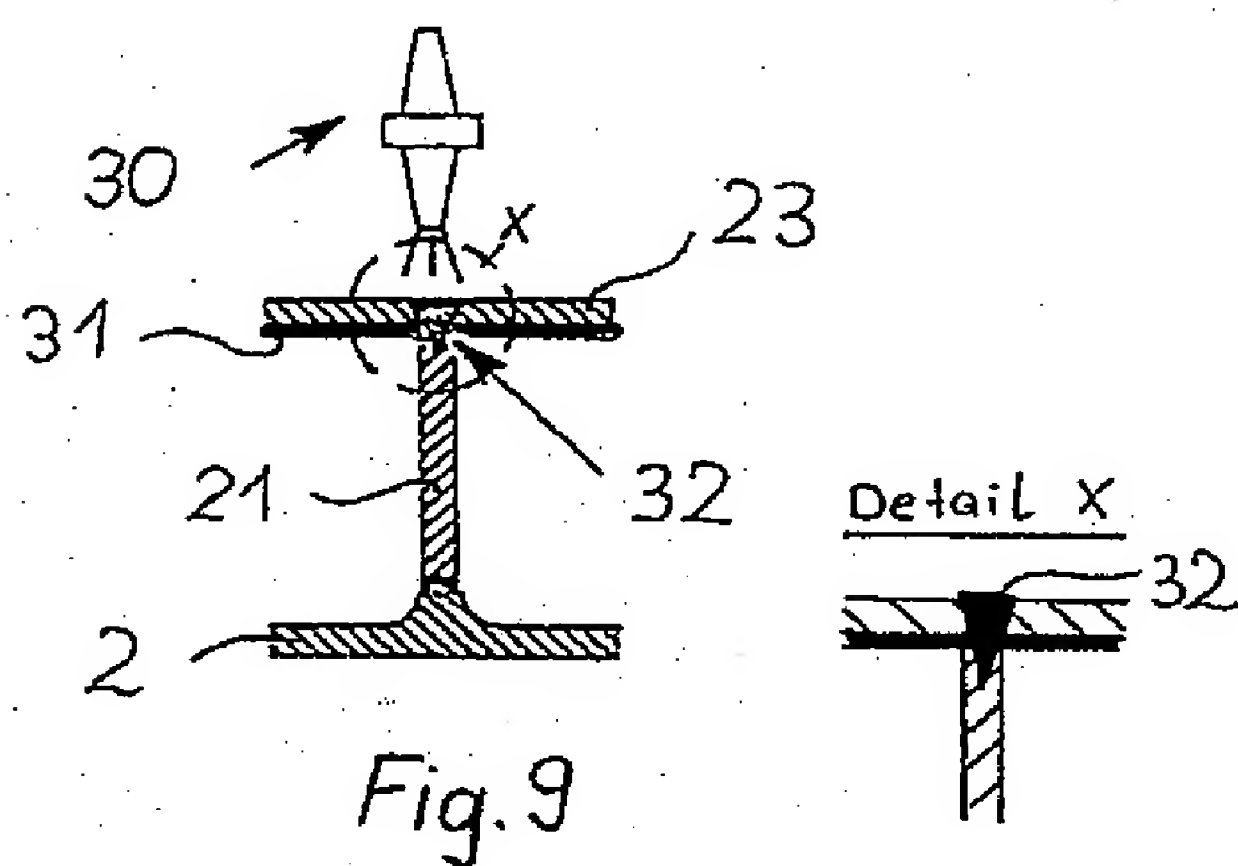
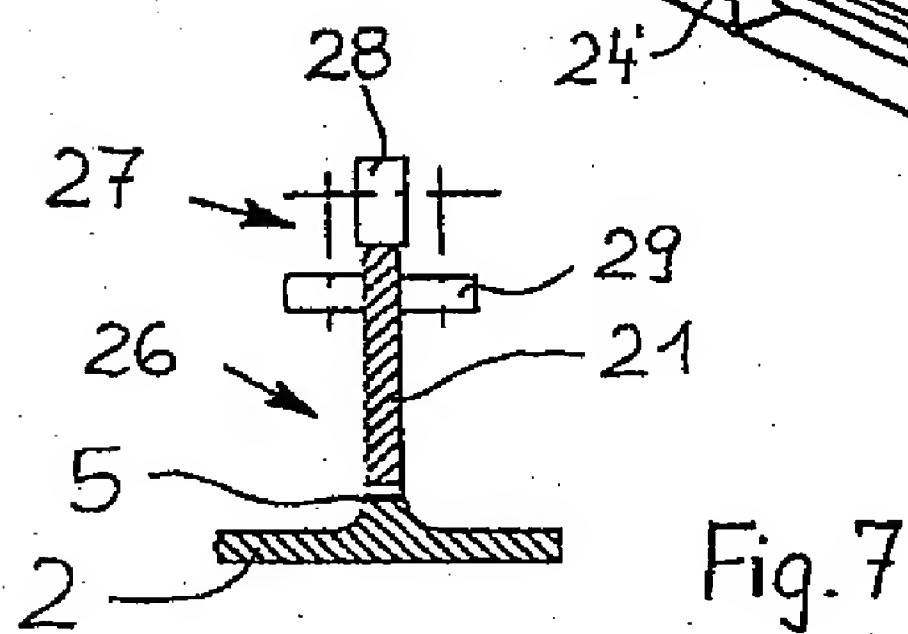
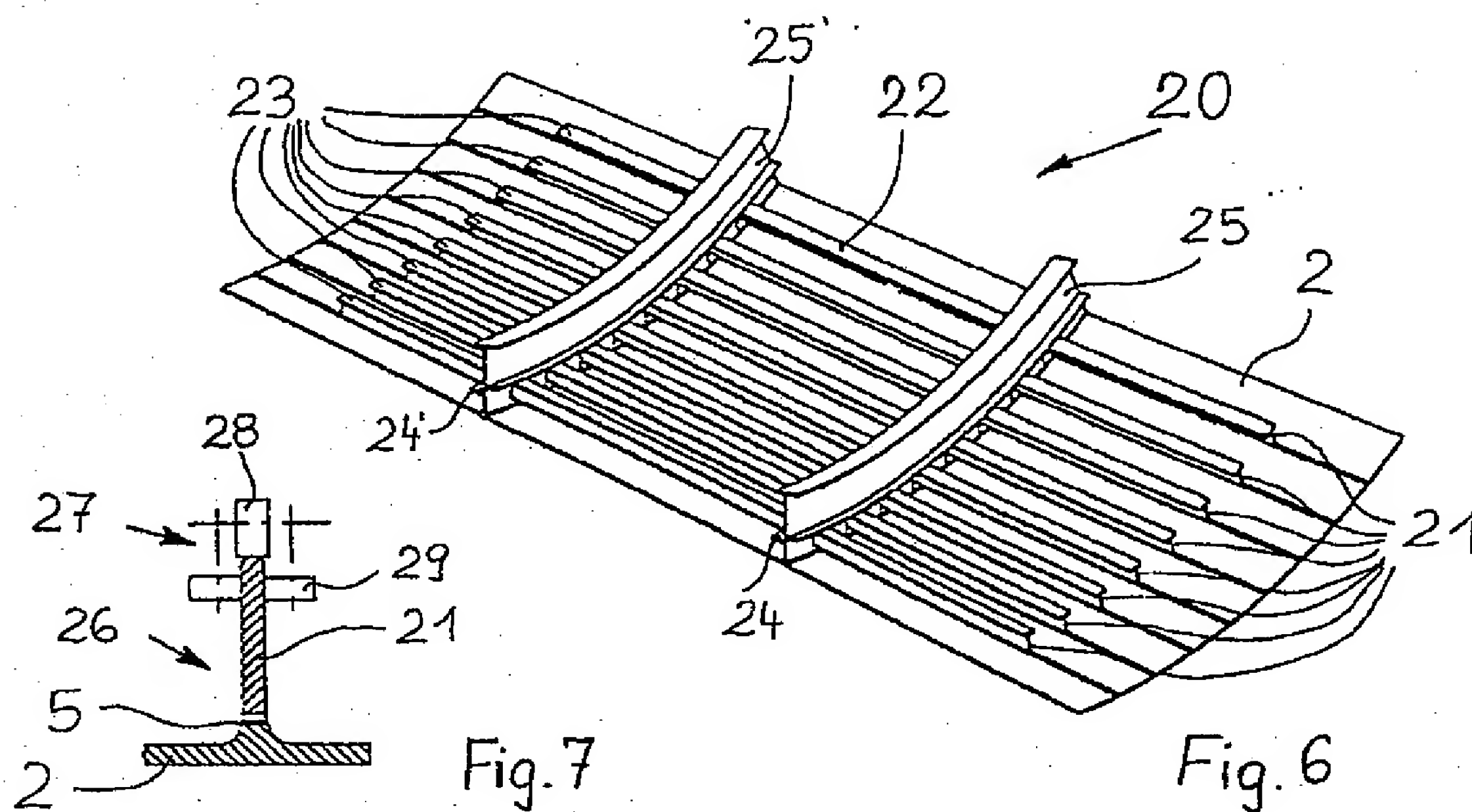


Fig. 5



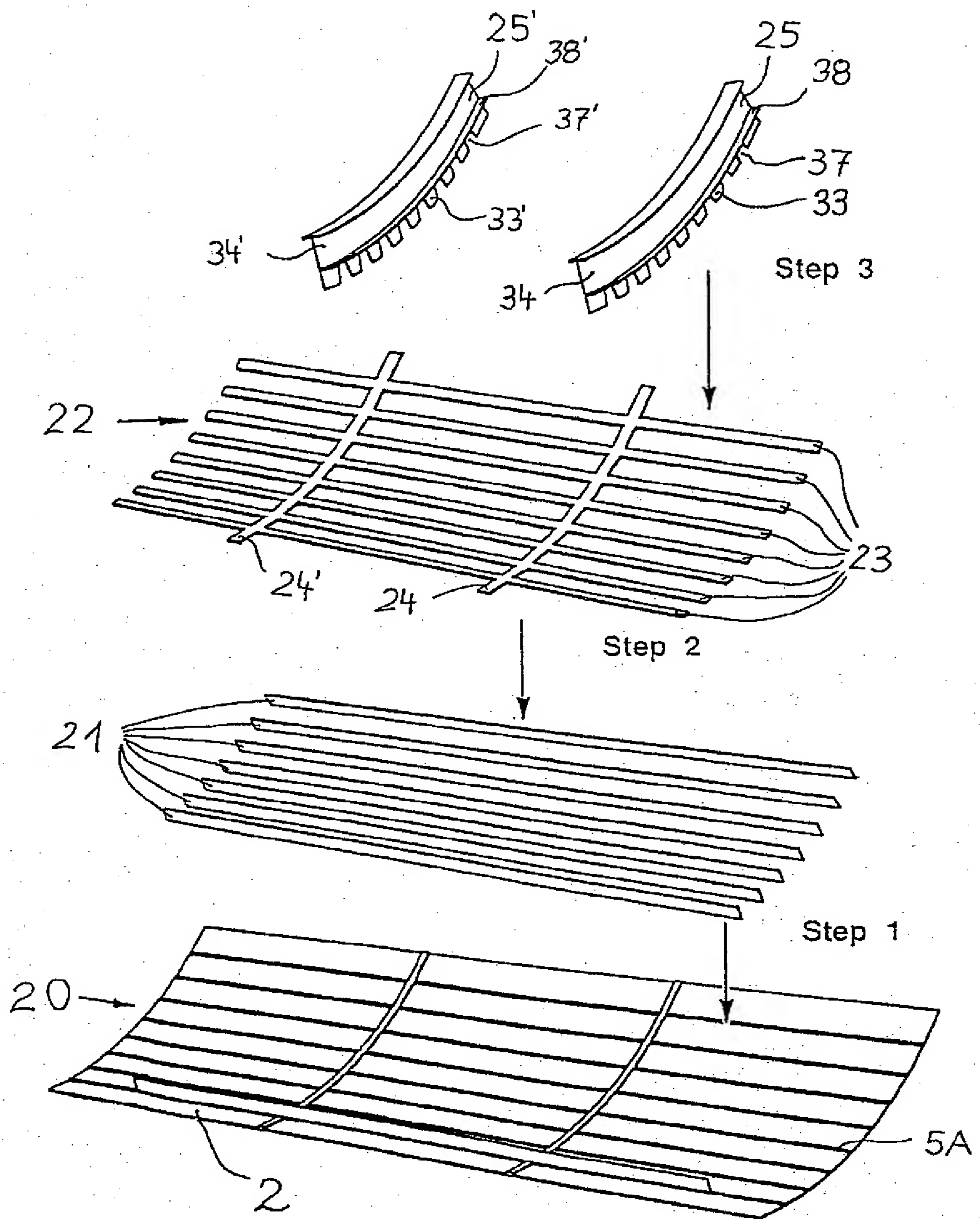


Fig. 11

